

TEMA 69

ELEMENTOS ACTUADORES EN LOS CIRCUITOS DE CONTROL

- 1. INTRODUCCIÓN.**
- 2. SERVOMOTORES ELÉCTRICOS.**
 - 2.1. Servomotor de c.c.
 - 2.1.1. Control por inducido.
 - 2.1.2. Control por campo.
 - 2.2. Servomotor de c.a.
 - 2.2.1. Motores Síncrono.
 - 2.2.2. Motores Asíncrono.
 - 2.3. Servomotor paso a paso.
- 3. SERVOMOTORES HIDRONEUMÁTICOS.**
 - 3.1. Cilindros.
 - 3.2. Motores giratorios.

BIBLIOGRAFIA

1. INTRODUCCIÓN.

En los circuitos de control se denominan elementos actuadores a los dispositivos que ejecutan las instrucciones recibidas. Dichos dispositivos suelen ser: servomotores eléctricos e hidroneumáticos.

El término de servomotor se aplica en aquellos casos en los cuales el motor, sin tener que desarrollar una energía muy elevada, sí que ha de soportar grandes esfuerzos en cuanto a los frecuentes cambios de marcha a que es sometido. Se utilizan en el accionamiento de equipos de manipulación y posicionado de máquinas herramientas, máquinas registradoras de curvas y mapas, moto-cámaras, máquinas de escribir, etc.

Debido a los distintos tipos de funciones que deben desarrollar los servomotores, se les exigen distintas características y disposiciones, tienen que tener una rapidez de repuesta, implicando una escasa inercia de las partes giratorias.

Por otra parte, trabajan a un régimen muy variable de par, velocidad y potencia, por lo cual los criterios de diseño deben ser bastante más holgados que en los motores normales.

Aunque esto no suele ser un problema nada más que de precio, ya que, debido a las bajas potencias en las que trabajan los servomotores, estos criterios pueden ser asumidos con toda tranquilidad, ya que en cualquier caso el volumen de estos motores no es muy elevado.

2. SERVOMOTORES ELÉCTRICOS.

En los circuitos de control se denominan elementos actuadores a los dispositivos que ejecutan las instrucciones recibidas. A continuación abordaremos los elementos actuadores que se suelen emplear en los circuitos de control, tales como:

- Servomotores eléctricos.
- Servomotores hidroneumáticos.

En términos generales, un motor eléctrico consta de un circuito magnético y de un circuito eléctrico, su acoplamiento e interacción provoca, según las características de cada tipo de motor, el movimiento giratorio de su eje.

El inductor de una máquina, formado por bobinas recorridas por una corriente o por imanes permanentes, produce un flujo magnético que corta los arrollamientos del inducido, con lo cual se producen los efectos que en cada tipo de motor originan el movimiento.

Está constituido por los elementos ferromagnético del estator y del rotor y por el entre hierro que existe entre ambos

- *Estator*: es, como su nombre indica la parte fija del motor, está sujeto al interior de lo que constituye la carcasa o culata, constituida esta por un cilindro hueco al que se unen los elementos de fijación del dispositivo.
- *Rotor*: es el elemento giratorio que, en este caso, también es cilíndrico, aunque es macizo y está formado por chapas magnéticas apiladas y recortadas, de tal forma que originan unas muescas en las que se alojan los conductores.

En todo este circuito magnético se generan dos tipos de pérdidas por histéresis y pérdidas por corrientes de Foucault.

2.1. Servomotor de c.c.

El inductor de un servomotor de corriente continua, ya sea un imán permanente o unas bobinas arrolladas, está integrado normalmente es el estator. En él se genera un campo magnético constante, este campo atraviesa los conductores que forman el inducido, este es un circuito eléctrico, alojado en el rotor, que, si hacemos que en él se produzcan unas corrientes alternas giratorias, provocará, a su vez, un campo alterno giratorio en torno a él, que, actuando conjuntamente con el campo del estator y oponiéndose a él, originará el par de giro correspondiente.

En un motor de c.c. se distinguen, pues, dos circuitos eléctricos diferentes, por una parte el inducido y por otra el inductor.

De las distintas formas de conectar estos dos entre sí a la red de suministro, obtendremos los distintos tipos de motores de c.c.:

- Motores en serie: Aportan un elevado par en el arranque, si bien la estabilidad de su velocidad es bastante precaria. Este motor debe arrancar siempre en carga.
- Motores paralelos: Se trata de un bobinado de mucha resistencia, poca sección y gran número de espiras para provocar los amperios-vuelta necesarios, son motores, que en el arranque, tienen un par más reducido que el motor serie, pero su régimen de velocidad es bastante estable.

- Motor Compound: Son motores que reúnen las cualidades de los que se han visto anteriormente, consiguen esto con un bobinado de excitación serie y otro paralelo, en cualquier caso son motores que no se utilizan normalmente.

2.1.1. Control por inducido.

En este tipo de control el campo inductor, lógicamente, permanece constante. Lo que varía en este campo es la fuerza contraelectromotriz, variando la tensión de alimentación, para obtener un control de velocidad del motor o par constante.

La relación de variación de la velocidad con respecto a la tensión en bornes es casi directamente proporcional, salvo por el término $R \cdot I$ que aumenta si el par resistente de la máquina lo hace.

Para el caso de un motor derivación, esta desviación es aún mayor debido a la dependencia del circuito inductor con respecto de la alimentación de inducido. El control de la velocidad a par constante puede realizarse hasta un valor tal que, con el par normal, no sobrepase el valor de tensión nominal de alimentación.

2.1.2. Control por campo.

Este caso es aplicable sólo a los motores de inductor bobinado, lo que puede variar es el flujo del campo mediante la variación de la corriente de excitación.

Se puede deducir la fórmula que la relación entre la velocidad y la excitación es hiperbólica, efectivamente nos encontramos con un fenómeno familiar en los motores de c.c. que es el embalamiento, si por cualquier causa, avería en el circuito inductor o arranque en vacío de los motores serie, la intensidad de excitación se anula o disminuye considerablemente, el motor corre peligro de embalsarse, si se encuentra en vacío.

El control del campo, control que se hace de potencia variable, determina, pues, la velocidad en detrimento del par, por lo que se suele aplicar a partir del punto máximo de control por inducido.

Resumiendo, podemos decir que existen dos formas de controlar la velocidad de un motor:

- Control por par constante.
- Control con potencia constante.

2.2. Servomotor de c.a.

El fundamento de los servomotores de corriente alterna se basa en la acción de un campo magnético giratorio con respecto de otro que se considera fijo. Este, que unas veces está ubicado en el estator y otras lo está en el rotor, tiende a seguir el sentido de giro del campo giratorio, provocando con ello el par de fuerzas que mueve el eje.

Con los motores de c.a. no tenemos problema de producir artificialmente ese campo giratorio, ya que podemos aprovechar la alternancia natural de la tensión de alimentación, junto con la posibilidad de desfaseamiento de las señales aplicadas para producir éste.

Cabe plantearse la clasificación de los motores de c.a. en razón de su principio de funcionamiento en dos grandes grupos: Motores Síncronos y Asíncronos.

2.2.1. Motores Síncronos.

El fundamento de los servomotores síncrono se explica de un modo muy sencillo con el dibujo siguiente: (ver dibujo nº5 pág.10)

En esta situación se enfrentarán los polos norte y sur, respectivamente de cada pieza. Si hacemos girar el imán en forma de herradura en un sentido u otro, observaremos que la aguja imantada tiende a seguir y sigue este sentido de giro, coincidiendo su velocidad con la de la herradura.

Este giro ha de producirse, por tanto, de forma síncrona entre una pieza y otra, ya que de otro modo, si por causa de una fuerza que se oponga a este giro, se produce un retraso apreciable el el giro de la barra, ésta perderá par y acabará “desenganchándose” o parándose, aunque si el retraso no es excesivamente grande, se produce el efecto contrario.

El campo giratorio no es producido de una forma rudimentaria en los motores síncrono, sino que, como se ha dicho, se aprovechan las especiales características de la corriente alterna.

El inconveniente principal del motor síncrono, que limita en gran medida su aplicación, es el de la rigidez mecánica que posee en cuanto a velocidad, ya que una variación excesiva de ésta, debida a una variación de carga con respecta a la del campo giratorio, produce el desenganche o parada del motor.

La velocidad de un motor síncrono depende, por o tanto, de la velocidad del campo giratorio, y éste, lógicamente, depende de la velocidad angular o pulsación de la corriente alterna suministrada y es inversamente proporcional a la cantidad de polos que posee.

Debido a que el motor síncrono sólo posee par cuando alcanza la velocidad del sincronismo, es preciso, antes de conectarlo a la red, llevarlo previamente a esta velocidad, utilizando algún dispositivo auxiliar.

Este tipo de inconvenientes hacen que el motor síncrono no sea muy utilizado en los servosistemas, a veces en los servomotores Síncronos, para arrancarlo, se pone en funcionamiento como motor asíncrono, hasta que alcance la velocidad e sincronismo para, posteriormente, trabajar como síncrono.

2.2.2. Motores Asíncronos.

El equipo de funcionamiento de un motor asíncrono, con ser parecido al de un motor síncrono, presenta diferencias notables con respecto a éste.

A la diferencia de velocidad que existe entre el campo giratorio y el disco, se le denomina deslizamiento S y normalmente representa de forma relativa con respecto a la velocidad síncrona:

$$S = N_0 - N / N_0 = 1 - N / N_0$$

Siendo N_0 la velocidad del sincronismo y N la velocidad real, por todo ello podemos deducir que la velocidad de un motor asíncrono es:

$$N = \frac{F * 60}{P} * (1 - S)$$

Según la expresión de la velocidad hay tres parámetros que podríamos variar para controlar ésta: el número de pares de polos, el deslizamiento S y la frecuencia f.

La variación de los pares de polos ha de ser de tipo constructiva y su puesta en marcha de forma escalonada.

El deslizamiento puede ser también variado, modificando de algún modo las corrientes inducidas.

La variación de frecuencia plantea soluciones más óptimas, aunque su consecución requiere un nivel tecnológico más avanzado, es en éste ámbito donde están desarrollando los últimos sistemas por modulación del ancho del pulso.

Estos sistemas se basan en la utilización de un rectificador de diodos, que alimenta un circuito de tensión continua, al cual está conectado un ondulator capaz de variar la tensión y frecuencia mediante la comparación de una senoide de frecuencia y amplitud deseadas, con una onda triangular de alta frecuencia como portadora.

Aplicando adecuadamente los impulsos resultantes de esta comparación a los transistores del ondulator, se puede conseguir aportar al motor una tensión de frecuencia y amplitud variable.

Los motores asíncronos de c.a. pueden clasificarse en los siguientes tipos:

- Trifásico:
 - Rotor bobinado.
 - Rotor cortocircuito o jaula de ardilla.
- Monofásico.
 - Rotor de jaula de ardilla:
 - De fase partida.
 - De condensador.
- Rotor bobinado.
 - Rotor universal.
 - Motor de repulsión.

El hecho de que el rotor sea o no-bobinado en los motores trifásicos, habilita o no la posibilidad de controlar el deslizamiento del motor, pero su principio es el mismo. En ellos, al ser trifásica la tensión de alimentación, el par y sentido de giro de éste quedará definido por el sentido o secuencia de las tres fases distribuidas en el motor, de un modo similar al motor síncrono.

Los motores monofásicos plantean otro tipo de problemas, ya que con una sola fase, no se podría determinar a priori ningún sentido de giro, necesitaríamos un impulso inicial de arranque para que el rotor continuara girando en el mismo sentido del impulso.

Los motores de fase partida y condensador se basan en el principio de desfase la corriente que circula por un devanado auxiliar con respecto del principal, el rotor de estos motores es de tipo jaula de ardilla.

El motor universal y de repulsión se basan en el empleo del motor serie de c.c. aunque con distintos principios. El motor universal se utiliza y se conecta como un motor serie tal cual y su principio de funcionamiento es el mismo, ya que las corrientes de excitación y de inducción están en fase.

El *motor de repulsión* se basa en un principio similar a motor asíncrono, utilizando un motor serie, se alimenta el estator con una corriente alterna que provocará el campo giratorio, únicamente necesitaremos este impulso de arranque con objeto de determinar el sentido del par de giro.

2.3. Servomotor paso a paso.

El principio de funcionamiento de estos motores se basa en la fuerza de atracción y repulsión ejercidos entre polos magnéticos. El estator está constituido por dos electroimanes con un número P de pares de polos cada uno.

La interacción entre los polos del estator y del rotor, hace que al aplicarse dos ondas cuadradas, desfasadas un cuarto de período entre sí, a las dos bobinas de los electroimanes del estator, el rotor gire un cuarto de paso polar por cada cambio de polaridad en la tensión que se aplica a estas bobinas.

Los motores paso a paso tienen un gran campo de aplicación en servomecanismos, debido, por un lado, a su facilidad de control y regulación en lazo abierto, y, por otro, con el que las operaciones de manipulación se amplían considerablemente.

3. SERVOMOTORES HIDRONEUMÁTICOS.

Los servomotores hidráulicos y neumáticos se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- Cilindros.
- Motores giratorios.

3.1. Cilindros.

Un cilindro es un dispositivo de actuación lineal que consta de un cuerpo en cuyo interior se aloja un émbolo que puede desplazarse a lo largo del interior de dicho cuerpo.

Asociado al émbolo tenemos el vástago, lo que hace que el volumen máximo de la cámara anterior sea menor que el de la cámara posterior. Cuando se aloja fluido a presión en su cámara posterior, el émbolo se desplazará, sacando el vástago al exterior.

Según el modo de funcionamiento pueden clasificarse en:

- Cilindros de simple efecto.
- Cilindros de doble efecto.

En el caso de los *cilindros de simple efecto*, el movimiento de retorno se ejecuta mediante la fuerza de un muelle o de otra característica (peso de la carga), de forma que siempre actúa cuando el cilindro no recibe la orden de avance.

Al introducir el fluido por la cámara posterior, éste presiona el émbolo hasta que logra vencer la fuerza del muelle antagonista, con esto el vástago efectúa su carrera de avance, cuando liberamos la presión a la que está sometido el fluido en la cámara posterior, la fuerza del muelle hace que el vástago se recoja regresando a la posición de reposo.

Los *cilindros de doble efecto* se caracterizan por el hecho de que, tanto para la carrera de avance como para la de retorno, es necesario ejercer una presión con el fluido en la cámara posterior y en la cámara anterior, respectivamente, ambas posiciones extremas son estables.

Es posible realizar el cálculo y diseño de un cilindro en función de la carga que debe transportar y el desplazamiento que deben realizar. De este modo tenemos que el área del vástago de un cilindro (A), será: $A = F/p$, donde F es la fuerza o carga que se quiere transportar y p la presión, de trabajo del sistema.

En realidad, en la consideración de la fuerza de carga han de tenerse en cuenta las pérdidas que se originan por rozamiento de las partes móviles del sistema.

La longitud de la carrera de los cilindros no debe exceder demasiado los dos metros, con objeto de reducir al máximo los esfuerzos de pandeo que soporta el vástago.

3.2. Motores giratorios.

Los motores giratorios tienen en realidad la función inversa de las bombas y compresores, por lo tanto, su construcción es bastante similar, de este modo tenemos los siguientes tipos de motores:

- Motores de émbolo.
- Motores de paleta.
- Motores de engranaje.
- Turbinas.

Aunque constitutivamente son similares a las bombas y compresores, no siempre pueden ser reversibles.

En los *motores de émbolos* se necesitan varios cilindros con el objeto de asegurar un funcionamiento libre de sacudidas, lo cual limita su funcionamiento.

En los *motores de aletas*, éstas se deslizan en las ranuras de un rotor excéntrico, éste gira en el interior de una cámara cilíndrica al ser presionadas las aletas por el fluido, las aletas son empujadas contra la pared interior del cilindro por efecto de la fuerza centrífuga.

En los *motores de engranajes*, la generación del momento de giro se produce por la presión que ejerce el fluido contra los flancos de los dientes de dos ruedas que están engranadas entre sí, en estos motores el sentido de giro suele ser reversible.

Los *motores de turbina* se utilizan, fundamentalmente, como dispositivos neumáticos, su momento de giro es producido por el paso de un chorro de aire a través de unas aletas helicoidales, son motores que alcanzan una elevada velocidad.

BIBLIOGRAFIA.

Enciclopedia de la electrónica ingeniería y técnica. Grupo editorial Océano.
CREUS Instrumentación industrial. Ed Marcombo.